



央视《新闻会客厅》约会「水立方」建设者

# 揭秘「水立方」

## 要搭钢结构 先玩“火柴棍”

“水立方”因为晶莹剔透的外表，让人们一下子就喜欢上了她。而要营造出这样的感觉，最重要的一个技术突破就是钢结构。

目前世界上最著名的膜结构建筑物要数德国慕尼黑的安联体育场，这个在上届世界杯中备受瞩目的体育场，它的外立面由2000多个菱形气枕组成，但是它所需要的钢结构仅仅只是一个简单的菱形造型。

“水立方”因为要制造出水分子的感觉，每个气枕都是不规则的多面体，所以其需要的钢结构也应该是多维空间的12面体或者14面体，而要搭建这样的钢结构在国内乃至世界上都是第一次。

谈到“水立方”的施工难度，有2个关键词不得不提，一是钢结构，另一个是膜结构。说到钢结构，项目总工程师陈蕾感触颇深：“从施工角度来看，钢结构的难度首先在于定位，一共有3万多个杆键，9800多个球，每个球都有相应的三维坐标点，全部登记在表格上，但是如何给每个球定位呢？这困扰了我们很长时间。”

如果是搭建传统的建筑，定位是非常简单的事情，因为建筑上有横梁，有立柱，寻找交叉点非常容易。但是，“水立方”与众不同，它在空间上不规则的外形，为钢结构的定位造成了巨大的难度。

“安装每个球时，我得准确知道它的位置在哪儿，往哪儿安装，但是它的位置使用三维坐标描绘，在空间呈现。在搭建时，无法确定那个点在哪里，也无法想象出下一个点在哪里，这是当时摆在我们面前的第一道难题。”陈蕾回想起那一时期，到现在还心有余悸。

其实，“水立方”中方总设计师赵小钧在最初提出设计方案的时候曾经考虑到这一建筑将会给施工单位带来的困难，“当时在确定选择这一方案之前，我们曾反复考虑过，它是否会给随后的整体施工带来麻烦。”项目总工程师陈蕾为解决这一困难，在施工之初，曾提出一个解决方法，“我们最初预想，在地面上先做好一个‘水立方’模子，然后在空中对称安装”，以为这个方法会见效，但它实施起来并不乐观，“跟预想相差很远，施工时变形非常大，控制不了。”

从2005年六七月份开始，陈蕾为首的“水立方”工程师们就一直在摸索着寻找最合适的钢结构安装方法。“在七八月时，曾经试着安装几根杆键上去，但是情况非常不理想，天天看着那几根杆键发愁。”这是因为几根杆键安装上去，焊接完毕之后，其呈现的形状，相较于图纸，出现了变形的情况，而且很难调整回正确的形状。

为了突破困局，随后“水立方”的

工程师们又做了多次尝试，终于找到一个完美的解决办法——散拼。所谓散拼，以形象的说法来比喻，就是将杆键和与之相对应的球先拼接起来，“就像玩搭火柴棍一样，火柴棍是一个圆脑袋加一个杆，我们这个实际上也是一个球加一个杆这种形态”，陈蕾提起这一创意，言语里充满着兴奋和自豪。

这个方法见效很快，安装速度从最开始每天几根，到每天十几根，最快时竟能达到每天200多根，这大大提高了工程的进度。接下来的就是焊接环节，“水立方”的钢结构设计总重量为6700吨，其所有的连接点都采用焊接球接点，就是将焊条熔化之后进行连接，其中仅焊条的重量就达1300多吨，这个数据在任何焊接球网架结构里面都是不可想象的。因为，“水立方”的安装零件多，焊点多，保证施工质量就会变得很困难，这对施工企业来说是个巨大的考验。

除此之外，焊接的工艺也是非常复杂的，“焊接球接点全部位置都有，对焊工们的技术要求是非常全面的，光是水平焊还不行，立焊、仰焊、抬头焊、转着圈焊都有，全都是手工活，大部分是在现场直接焊的。”

有数据表明，建设“水立方”搭建脚手架所用的钢材数量是“水立方”本身所用钢材的3倍。这是因为，“水立方”的特殊构造，使得常见的搭设脚手架的方法都不适用。它不同于其他的外观构造上有规律的建筑物，在建筑时容易定位，“水立方”从上到下是一个空间的曲面，使用传统的脚手架反而会妨碍工程的进度。

在项目总工程师陈蕾看来，建筑“水立方”运用最多的是“人海战术”，而“水立方”更像是一个“纯手工”制作品。这种建筑方法在国外是不可想象的，但它并不等同于我国技术水平落后，而是因为在外国也找不到更适合这种工程特点的其他建筑方法，“只有用这种办法，虽然看着好像比较笨，比较土，但它实际上是最安全的也是最快的”，陈蕾和赵小钧在这点上深有同感，谈起看法异口同声。



## “水立方”的外膜厚度只有0.2毫米

“水立方”被称作是世界第一的规模最大、结构最复杂的膜结构建筑。“水立方”的外膜，直观看来，很像办公用品中一个普通文件夹的外表面，很难想象得到它就是“水立方”的外立面材料。“水立方”中方设计师赵小钧第一次见到这种材料的时候和大家的感觉一模一样，心里也有疑问，“这个东西能盖房子吗？”

当时是一家在悉尼做膜材料的厂家向赵小钧推荐这种材料，他看到用这种材料已经盖起来的房子之后，觉得这种材料正符合他的设计理念。“首先它跟我们想要的分子结构的形态非常贴近。另外它跟我们早已经确定的节能策略吻合，我们想要做一个半透明的房子，虽然半透明的材料有很多种，比如玻璃、PVC、塑料等等，但这种材料是最好的。”

这种特殊膜的中文全称叫四氟乙烯聚合物，目前世界上只有两个国家生产这种材料。为了降低材料及生产的成本，我国采取了国产化的手段，也因此成为世界上第三个生产这种材料的国家。

这种膜的厚度仅有0.2毫米左右，它在出厂的时候是条状的，所以要拼接在一起才能装在钢架上。膜结构在充气后，就会形成很多形状不规则的气枕，这些气枕就是我们看到的“水滴”。走进“水立方”里面可以清晰地看到给气枕充气的管子沿着钢架结构蜿蜒而上。每个气枕都有相对独立的一两个充气口，同时每个气枕还有一个放气口，气枕的气压是由电脑控制的，可以随时进行监测。

晶莹剔透如蓝宝石般散发出神秘色泽的外膜，应该说是“水立方”最为吸引人的地方，然而也是引起众人质疑最多，对于施工来说也是最为困难的一部分。

“水立方”的外膜上有很多银白色的镀点，它的功能是根据遮阳系统的计算，进行反光。在一部分太阳光被它反射掉之后，场馆内受到太阳光的照射量也就随之减少。

这种镀点的密度在整个“水立方”外膜上各不相同，密度最小的镀点面积是10%，密度最大的达到了56%。之所以有这种区别是因为，“夏天的时候，太阳位置较高，照射比较强，此时我们希望阳光少一些，所以就在太阳直射的地方用了比较多的镀点；冬天的时候，太阳位置较低，所以在太阳冬天晒的地方我们就把镀点做得很少”。为了更准确地控制阳光晒进室内的量，以赵小钧为首的设计师们做过大量计算。



“水立方”的外膜是软软的一层，很多人禁不住要问，它的坚韧度怎样？如果遇到烟火、冰雹、刀割等异常情况，会不会在使用中出现问题？中方设计师赵小钧对“水立方”的安全充满信心：“冰雹是有实验证明的，在德国有过一次很大的冰雹，像鸡蛋那么大，有照片为证，很多汽车被砸得一塌糊涂，有一个房子的屋顶是用这种材料做的，只有那所房子的采光天棚基本上没受影响，只不过是那个膜上稍微留下一点痕迹而已，所以外膜对冰雹的承受度是很高的。”

针对烟火与刀割等异常情况，赵小钧等设计师也做过大量测试：“偶尔有一两个火星或者是七八个火星落到上面，只会给局部造成小洞，不会像气球那样，出现爆炸的情况，因为气枕里面的气压只相当于大气压再加上200多帕的压力，气枕上出现小洞后，只会出现慢慢散气的情况，这些小洞修补起来也非常容易，只要剪一块粘剂贴在上面就好了。”

“水立方”设计的使用年限大约为100年，动态外立面的设计寿命是30年，即30年后，整个外立面的气枕要全部更新，但这并不会降低整个“水立方”项目的经济效益。中方总设计师赵小钧说：“我们在计算整个建筑生命周期全成本的时候把这个问题算进去了，然后加上所有的能耗成本，最终来评估这个项目，它在整个生命周期里的经济效益还是非常好的。”

## 3000多个气枕 每一个气枕都不一样

气枕好看，但并不好做，包括项目总工程师陈蕾在内的所有参与施工的人员都是第一次接触这种工艺。第一道难题就是剪裁膜材料，将大小不一的气枕严丝合缝地对接起来，对剪裁的要求很高。除此之外，还有一个问题要考虑——就是成材率，即膜材的浪费率。

据统计，外墙立面上的3000多个气枕，每一个气枕的形状规格都不一样，这不仅出于外观美感上的考虑，还是出于受风力情况、阳光照射情况差异的考虑。“每个角的风不一样，风

荷载不一样，可能气枕的厚度有点区别，太阳光的角度不一样，又有点区别，里边室内空间不一样，又有点区别。”赵小钧耐心地解释着原因。

## 每年节约水费80多万元

现今，一个建筑学家评价一所建筑，其环保方面考虑得是否周到是非常重要的一个评估指标。而“水立方”在节能方面也做出了周到的考虑，赵小钧说：“我们计算过在各种各样的使用情况下，‘水立方’可能达到的节能数字，包括因为半透明的设计而节省的照明用电，我们收集的空调余热，为池水加热省下的电力等等，而‘水立方’最终的节能数字显示，‘水立方’比一个正常的游泳馆要节能达到30%以上。”这是一个很可观的数字。

因为“水立方”的基本功能是一个游泳馆，所以在用水上也采取了有益于环保的相关设计。比如，雨水回用，把所有雨水收集起来使用；建筑里边的水功能，比如空调的冷却水、冲洗的水、游泳池用水等等，都是可以循环使用的。“水立方”每年通过循环水节约的水费可以达到80多万元。

## 地板采暖和吸噪材料

作为北京2008年奥运会大部分水上项目的比赛场馆，“水立方”不但要符合举行奥运会赛事的基本要求，更要考虑运动员对游泳比赛场地的特殊要求，以及观众对观看比赛时舒适度的期待。那么“水立方”针对这些方面的要求又有哪些独特的设计呢？

“水立方”作为游泳馆，不仅要满足观众的需求进行周到的考虑，更重要的是满足游泳运动员、跳水运动员的需求，这是体现“水立方”游泳馆人性化设计的关键。在设计上，所有运动员活动的区域，比如更衣室、卫生间、池岸区等，都有地板采暖，很多运动员对这种贴心的设计赞叹不已。

对于很多跳水运动员来说，在一个不熟悉的场馆里面跳水，入水时的声音对其技术发挥会产生很大影响，因为他会误以为自己的动作出现失误。为了避免这种情况，“水立方”在吸噪方面，也做出了特别的设计。

“这是一个新的挑战，除了入水的噪音以外，外面下雨时的声音也会对运动员产生影响，为此我们做过很多实验。在‘水立方’建成之后，大家会发现‘水立方’的泡泡和泡泡之间有一个相对稍微宽一些的白色带，那就是我们的新型材料，有了它的存在，可以使馆内的声学指标达到正常比赛的要求。”

“水立方”有内部照明系统，但是大部分时间都会利用透明的膜进行自然采光，即使到了傍晚，“水立方”里面也是别有一番韵味。

“水立方”的墙体分为内外两层，每层都是由钢架和气枕构成，两层之间有2米左右的距离，在内外墙的气枕全部安装完成之后，中间的夹层就形成了一个封闭的空间，新鲜的空气在里面流动就可以起到调节气温的作用。而每个座位下面的通风口，也可以随时保持室内的空气流通。

因为“水立方”在设计的时候就充分考虑到赛后的利用问题，所以在“水立方”中，你可以看到戏水区、健身区等场所，在戏水区和比赛大厅的中间还有一条商业街，从那里向上看，可以看到比赛大厅的临时看台已经搭到了商业街的正上方。“水立方”在比赛时能够容纳17000名观众，其中临时座席11000个。北京2008年奥运会结束以后，由铁架搭成的临时看台会被拆除，水立方里的商业街就可以大展宏图了。（央视）

## 体彩开奖公告

第08037期排列彩中奖号码 8 0 6 2 0  
奖池余额:86890005.8元  
第08016期大乐透中奖号码 08 10 11 17 19 + 06 09  
奖池余额:103275539.49元

裕隆超市全体员工恭祝全市人民元宵节快乐!